

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-035570

(43)Date of publication of application : 02.02.2000

(51)Int.Cl.

G02F 1/1335

(21)Application number : 10-201392

(71)Applicant : SHARP CORP

(22)Date of filing : 16.07.1998

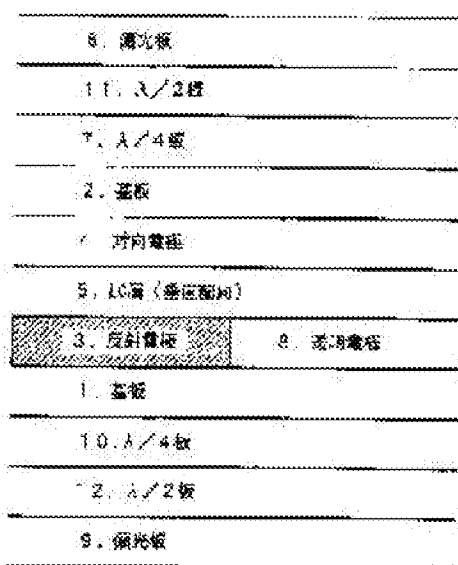
(72)Inventor : KUBO MASUMI
NARUTAKI YOZO
FUJIOKA SHIYOGO

(54) LIQUID CRYSTAL DISPLAY DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve coloring in a reflection mode of dark display by eliminating the variation of polarization in the light wavelength band, and approximately circular-polarizing the light in the reflection mode.

SOLUTION: A $\lambda/4$ -wave plate 7 is arranged on the opposite plane of the side where a counter electrode 4 of a substrate 2 is formed, and further, a $\lambda/4$ -wave plate 10 is arranged on the opposite plane of the side where a reflecting electrode 3 and a transparent electrode 8 of a substrate 1 are formed, and the lagging axis, of the $\lambda/4$ -wave plate 10 is set so as to be perpendicular to that of the $\lambda/4$ -wave plate 7. A $\lambda/2$ -wave plate 11 is arranged on the other side of the substrate 2 of the $\lambda/4$ board 7 and a $\lambda/2$ -wave plate 12 is arranged on the other side of the substrate 1 of the $\lambda/4$ -wave plate 10, respectively, and the lagging axis of the $\lambda/2$ -wave plate 11 is set to be 60 degrees tilted against that of $\lambda/4$ -wave plate 7; the lagging axis of the $\lambda/2$ -wave plate 12 is set to be 60 degrees tilted against that of $\lambda/4$ -wave plate 10; and the lagging axis of the $\lambda/2$ -wave plate 12 is set to be perpendicular to that of the $\lambda/2$ -wave plate 11.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2000-35570
(P2000-35570A)

(43) 公開日 平成12年2月2日(2000.2.2)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	データベース*(参考)
G 0 2 F 1/1335	5 1 0	G 0 2 F 1/1335	5 1 0 2 H 0 9 1

審査請求 未請求 請求項の数7 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平10-201392

(22) 出願日 平成10年7月16日(1998.7.16)

(71) 出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72) 発明者 久保 真澄

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

(72) 発明者 鳴瀬 陽三

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

(74) 代理人 100103296

弁理士 小池 隆彌

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 液晶表示装置

(57) 【要約】

【課題】 透過表示と反射表示を組み合わせた表示装置が発明されているが、黒表示の場合に光漏れが発生し十分な黒レベルが得られない問題点がある。

【解決手段】 基板2の対向電極4が形成された側の反対面に入/4板7が配置され、さらに基板1の反射電極3及び透明電極8が形成された側の反対面に入/4板10が配置され、入/4板10の遅相軸は入/4板7の遅相軸と直交するように設定されている。入/4板7の基板2とは反対側の面に入/2板11が、入/4板10の基板1とは反対側の面に入/2板12がそれぞれ設けられており、入/2板11の遅相軸は入/4板7の遅相軸に対して60度、入/2板12の遅相軸は入/4板10の遅相軸に対して60度傾むくように、また入/2板12の遅相軸は入/2板11の遅相軸と直交するように設定されている。

6. 偏光板

11. 入/2板

7. 入/4板

2. 基板

4. 対向電極

5. Li層(垂直配向)

3. 反射電極

8. 透明電極

1. 基板

10. 入/4板

12. 入/2板

9. 偏光板

【特許請求の範囲】

【請求項1】 反射機能を有する領域と透過機能を有する領域とが形成された一方基板と、対向電極が形成された他方基板を有し、前記一方基板と前記他方基板の間に液晶層が挟持された液晶表示装置において、前記他方基板の前記液晶層とは反対の面に設けられた第1の偏光手段と、

前記一方基板の前記液晶層とは反対の面に設けられた第2の偏光手段と、

前記第1の偏光手段と前記液晶層との間に設けられ、前記第1の偏光手段からの直線偏光を円偏光とする第1の位相差板と、

前記第2の偏光手段と前記液晶層との間に設けられ、前記第2の偏光手段からの直線偏光を円偏光とする第2の位相差板と、

前記第1の偏光手段と前記液晶層との間に設けられ、前記第1の位相差板の屈折率異方性の波長依存性を補償する第3の位相差板とを有することを特徴とする液晶表示装置。

【請求項2】 前記第1の偏光手段と第1の位相差板の間に配置された前記第3の位相差板が $\lambda/2$ 板であり、前記第1の偏光手段の透過軸と前記第3の位相差板の遅相軸とのなす角度が α のとき、前記第1の偏光手段の透過軸と第1の位相差板の遅相軸とのなす角度が $2\alpha+45$ 度であることを特徴とする請求項1に記載の液晶表示装置。

【請求項3】 前記第2の偏光手段と前記液晶層との間に設けられ、前記第2の位相差板の屈折率異方性の波長依存性を補償する第4の位相差板を有することを特徴とする請求項1又は請求項2に記載の液晶表示装置。

【請求項4】 前記第2の偏光手段と第2の位相差板の間に配置された前記第4の位相差板が $\lambda/2$ 板であり、前記第2の偏光手段の透過軸と前記第4の位相差板の遅相軸とのなす角度が α のとき、前記第2の偏光手段の透過軸と第2の位相差板の遅相軸とのなす角度が $2\alpha+45$ 度であることを特徴とする請求項1乃至請求項3に記載の液晶表示装置。

【請求項5】 前記第1の偏光手段の透過軸と前記第2の偏光手段の透過軸とが直交し、前記第1の位相差板と前記第2の位相差板の遅相軸とが直交し、前記第3の位相差板と前記第4の位相差板の遅相軸とが直交していることを特徴とする請求項3又は請求項4に記載の液晶表示装置。

【請求項6】 前記液晶層が負の誘電率異方性を有する垂直配向液晶材料であることを特徴とする請求項1乃至請求項5に記載の液晶表示装置。

【請求項7】 前記液晶表示装置をノーマリブラックの表示モードとすることを特徴とする請求項1乃至請求項6に記載の液晶表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ワードプロセッサやパーソナルコンピュータなどのOA機器や、電子手帳等の携帯情報機器、あるいは、液晶モニターを備えたカメラ一体型VTR等に用いられる反射型と透過型とを兼ね備えた液晶表示装置に関する。

【0002】

【従来の技術】液晶ディスプレイは、CRT（ブラウン管）やEL（エレクトロルミネッセンス）とは異なり自らは発光しないため、バックライトを液晶表示素子の背面に設置して照明する透過型液晶表示装置が用いられている。しかしながら、バックライトは通常液晶ディスプレイの全消費電力のうち50%以上を消費するため、戸外や常時携帯して使用する機会が多い携帯情報機器ではバックライトの代わりに反射板を設置し、周囲光のみで表示を行う反射型液晶表示装置も実現されている。

【0003】反射型液晶表示装置で用いられる表示モードには、現在透過型で広く用いられているTN（ツイステッドネマティック）モード、STN（スーパーツイステッドネマティック）モードといった偏光板を利用するタイプの他、偏光板を用いないために明るい表示が実現できる相転移型ゲストホストモードも近年盛んに開発が行われており、例えば特開平4-75022号公報に開示されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、相転移型ゲストホストモードは、液晶分子と色素を分散させた液晶層において色素の光吸収を用いて表示を行なうためコントラストが十分とれず、TN（ツイステッドネマティック）モード及びSTN（スーパーツイステッドネマティック）モードといった偏光板を利用するタイプの液晶表示装置に比べて表示品位は著しく悪くなる。

【0005】また、平行配向若しくはツイスト配向の液晶表示装置の場合には、液晶層の中心付近の液晶分子は電圧印加時に基板面に対して垂直方向に傾くが、配向膜表面付近の液晶分子は電圧を印加しても基板に対して垂直にならないため液晶層の複屈折率は0には程遠く、電圧印加時に黒表示を行う表示モードの場合、液晶層の複屈折のため十分な黒が表示できず、十分なコントラストを得ることができない。

【0006】TNモード及びSTNモードの液晶表示装置も現在では輝度やコントラストの点で十分な表示品位を有するとは言えず、更なる高輝度化及びコントラストの向上等の表示品位の向上が求められている。また、反射型液晶表示装置は、周囲の光が暗い場合に表示に用いる反射光が低下し視認性が極端に低下するという欠点を有し、一方透過型液晶表示装置はこれとは逆に周囲光が非常に明るい晴天下等での視認性が低下する問題があった。

【0007】従って、透過表示と反射表示を組み合わせ

た表示装置が開発されているが、黒表示の場合に光漏れが発生し十分な黒レベルが得られない問題点がある。

【0008】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の発明は、反射機能を有する領域と透過機能を有する領域とが形成された一方基板と、対向電極が形成された他方基板を有し、前記一方基板と前記他方基板の間に液晶層が挟持された液晶表示装置において、前記他方基板の前記液晶層とは反対の面に設けられた第1の偏光手段と、前記一方基板の前記液晶層とは反対の面に設けられた第2の偏光手段と、前記第1の偏光手段と前記液晶層との間に設けられ、前記第1の偏光手段からの直線偏光を円偏光とする第1の位相差板と、前記第2の偏光手段と前記液晶層との間に設けられ、前記第2の偏光手段からの直線偏光を円偏光とする第2の位相差板と、前記第1の偏光手段と前記液晶層との間に設けられ、前記第1の位相差板の屈折率異方性の波長依存性を補償する第3の位相差板とを有することを特徴とする。

【0009】請求項2に記載の発明は、前記第1の偏光手段と第1の位相差板の間に配置された前記第3の位相差板が $\lambda/2$ 板であり、前記第1の偏光手段の透過軸と前記第3の位相差板の遅相軸とのなす角度が α のとき、前記第1の偏光手段の透過軸と第1の位相差板の遅相軸とのなす角度が $2\alpha+45$ 度であることを特徴とする。

【0010】請求項3に記載の発明は、前記第2の偏光手段と前記液晶層との間に設けられ、前記第2の位相差板の屈折率異方性の波長依存性を補償する第4の位相差板を有することを特徴とする。

【0011】請求項4に記載の発明は、前記第2の偏光手段と第2の位相差板の間に配置された前記第4の位相差板が $\lambda/2$ 板であり、前記第2の偏光手段の透過軸と前記第4の位相差板の遅相軸とのなす角度が α のとき、前記第2の偏光手段の透過軸と第2の位相差板の遅相軸とのなす角度が $2\alpha+45$ 度であることを特徴とする。

【0012】請求項5に記載の発明は、前記第1の偏光手段の透過軸と前記第2の偏光手段の透過軸とが直交し、前記第1の位相差板と前記第2の位相差板の遅相軸とが直交し、前記第3の位相差板と前記第4の位相差板の遅相軸とが直交していることを特徴とする。

【0013】請求項6に記載の発明は、前記液晶層が負の誘電率異方性を有する垂直配向液晶材料であることを特徴とする。請求項7に記載の発明は、前記液晶表示装置をノーマリブラックの表示モードとすることを特徴とする。

【0014】以下に本発明による作用について説明する。本発明の請求項1に記載の液晶表示装置によれば、第1の位相差板により、直線偏光を円偏光に変換する際に生じる屈折率異方性の波長依存性のある程度相殺することができる。これによって、反射モードにおいて、広波長帯で偏光状態のばらつきが小さくなった状態で円偏

光にすることができる。このため、暗表示の反射モードにおける色づきが改善できる。

【0015】本発明の請求項2に記載の液晶表示装置によれば、偏光板を通過した直線偏光を、第3の位相差板によりその方位を回転させてから、第1の位相差板により円偏光とすることができるので、第1の位相差板の屈折率異方性の波長依存性を最適に補償することができる。これによって、反射モードにおいて、広波長帯で偏光状態のばらつきがさらに小さくなり、円偏光にすることができる。このため、暗表示の反射モードにおける色づきが改善できる。

【0016】特に、液晶層が垂直配向モードであるときや、暗状態において液晶層に残存するリターデーションが無視できる場合は、第1の位相差板を $\lambda/4$ 板にすることができる。

【0017】暗状態において、液晶層に、反射モードでは γ のリターデーションが残存している場合、第1の位相差板のリターデーションを $(\lambda/4 - \gamma)$ にして、円偏光からずらして液晶層に入射させる。液晶層を通過して反射板に達したとき、広波長帯で偏光状態のばらつきがなくなり円偏光となっているので、反射モードにおいて良好な黒表示が実現される。

【0018】本発明の請求項3に記載の液晶表示装置によれば、第4の位相差板により、直線偏光を円偏光に変換する際に生じる屈折率異方性の波長依存性のある程度相殺することができる。これによって、これによって、透過モードにおいて、広波長帯で偏光状態のばらつきがなくなった円偏光にすることができる。このため、請求項1に加えて、暗表示の透過モードにおける色づきが改善でき、反射モードと透過モードとを両用した場合でも、良好な黒表示が実現される。

【0019】本発明の請求項4に記載の液晶表示装置によれば、偏光板を通過した直線偏光を、第4の位相差板によりその方位を回転させてから、第2の位相差板により円偏光とすることができるので、第1の位相差板の屈折率異方性の波長依存性を最適に補償することができる。これによって、透過モードにおいて、広波長帯で偏光状態のばらつきがさらに小さくなり、円偏光にすることができる。

【0020】特に、液晶層が垂直配向モードであるときや、暗状態で液晶層に残存するリターデーションが無視できる場合は、第2の位相差板を $\lambda/4$ 板にすることができる。

【0021】暗状態において、液晶層に、反射モードでは γ 、透過モードでは Δ のリターデーションが残存している場合、それ以降の層のリターデーションを $(\lambda/4 - (\Delta - \gamma))$ にして、円偏光からずらして液晶層に入射させる。液晶層を通過したとき、反射モードの出射光と広波長帯で同じ偏光状態になっているので、第3の位相差板を通過したとき、第1の偏光手段の透過軸と直交

する直線偏光となり、透過モードにおける色付きが改善でき、透過モードと反射モードの両用した場合でも良好な黒表示が実現される。

【0022】本発明の請求項5に記載の液晶表示装置によれば、位相差板の遅相軸を直交させることで、位相差板の屈折率異方性の波長依存性を、他方の位相差板の屈折率異方性の波長依存性で相殺することができ、暗表示の色づきを改善できる。

【0023】本発明の請求項6に記載の液晶表示装置によれば、液晶層に負の誘電率異方性を有する垂直配向液晶材料を用いることで、液晶層のリターデーションがほぼ0である状態が実現されるので、暗状態がより暗くなるので、コントラストが高くなる。

【0024】例えば、液晶層に平行配向液晶を用いると、電圧を印加して液晶分子の長軸を電極と垂直方向に向けることで液晶層のリターデーションを0にしようとしても、残留リターデーションが発生するため液晶層のリターデーションは0にはならない。本発明の請求項7に記載の液晶表示装置によれば、ノーマリブラック（以下NBという）ではセルギャップ変化によるコントラスト比の20変化はほとんど発生せず、生産性の点でセルギャップ制御に対するある程度の余裕がとれる。

【0025】液晶層に電圧無印加時に白表示を、電圧印加時に黒表示を行なうノーマリホワイト（以下NWという）ではセルギャップ変化に対して黒になる液晶層への印加電圧が変化するのにに対して、液晶層に電圧無印加時に黒表示を、電圧印加時に白表示を行なうNBではセルギャップ変化に対して白になる液晶層への印加電圧が変化する。そのため、NWではセルギャップ変化によりコントラスト比が著しく変化するため、高精度のセルギャップ制御が必要となる。また、NWでは輝点となっていた点欠陥が、NBでは黒点となるため、製造上の良品率向上が見込まれ、輝点フリーの高品位表示パネルが実現できる。これらのことから、NWに比べてNBの方があらゆる環境下で使用可能な液晶表示装置の表示モードとして優れている。

【0026】

【発明の実施の形態】（実施形態1）実施形態1の液晶表示装置について図1を用いて説明する。基板1にA1、Ta等の反射率の高い材料で形成された反射電極3とITO等の透過率の高い材料で形成された透明電極8とか設けられ、基板2に対向電極4が設けられ、反射電極3及び透明電極8と対向電極4との間に負の誘電率異方性を示す液晶材料からなる液晶層5が挟持されている。

【0027】反射電極3、透明電極8及び対向電極4の液晶層5と接する面にはそれぞれ垂直配向性の配向膜（図示せず）が形成されており、配向膜の塗布後、少なくとも一方の配向膜にラビング等の配向処理を行なっている。これは、ラビングを用いなくても、光配向や電極形状等で配向を規制しても良い。液晶層5の液晶分子

は、垂直配向性の配向膜に対するラビング等の配向処理により、基板面の垂直方向に対して、概ね0度または0、1度から5度程度のティルト角を持つ。

【0028】ここで、反射電極3は液晶層に電圧を印加する電極として用いられるが、反射電極を電極として使わずに反射板として用いて、透明電極8を反射板の上まで延ばして反射領域での液晶層5に電圧を印加する電極としても良い。液晶層5の液晶材料として、実施形態1と同じ $N_e = 1.5546$ 、 $N_o = 1.4773$ の屈折率異方性を有する液晶材料を用いた。

【0029】基板2の対向電極4が形成された側の反対面に $\lambda/4$ 板7が配置され、さらに基板1の反射電極3及び透明電極8が形成された側の反対面に $\lambda/4$ 板10が配置され、 $\lambda/4$ 板10の遅相軸は $\lambda/4$ 板7の遅相軸と直交するように設定されている。

【0030】 $\lambda/4$ 板7の基板2とは反対側の面に $\lambda/2$ 板11が、 $\lambda/4$ 板10の基板1とは反対側の面に $\lambda/2$ 板12がそれぞれ設けられており、 $\lambda/2$ 板11の遅相軸は $\lambda/4$ 板7の遅相軸に対して60度、 $\lambda/2$ 板12の遅相軸は $\lambda/4$ 板10の遅相軸に対して60度傾くように、また $\lambda/2$ 板12の遅相軸は $\lambda/2$ 板11の遅相軸と直交するように設定されている。

【0031】 $\lambda/2$ 板11の基板2とは反対側の面に偏光板6が、 $\lambda/2$ 板12の基板1とは反対側の面に偏光板9がそれぞれ設けられており、偏光板6の透過軸は $\lambda/4$ 板7の遅相軸に対して $\lambda/2$ 板11の遅相軸を挟む方向に75度、 $\lambda/2$ 板11の遅相軸に対して15度、偏光板9の透過軸は $\lambda/4$ 板10の遅相軸に対して $\lambda/2$ 板12の遅相軸を挟む方向に75度、 $\lambda/2$ 板12の遅相軸に対して15度傾くように、また偏光板6の透過軸は偏光板9の透過軸に対して直交するように設定されている。

【0032】図2(a)は本発明の実施形態1のアクティブマトリクス基板の平面概略図を示し、図2(b)は図2(a)のA-A断面図を示す。アクティブマトリクス基板は、ゲート配線21、データ配線22、駆動素子23、ドレイン電極24、補助容量電極25、ゲート絶縁膜26、絶縁性基板27、コンタクトホール28、層間絶縁膜29。反射用絵素電極30と透過用絵素電極31を備えている。

【0033】補助容量電極25は、ドレイン電極24と電気的に接続されており、ゲート絶縁膜26を介してゲート配線21と重畳し補助容量を形成している。コンタクトホール28は、透過用絵素電極31と補助容量電極25を接続するために層間絶縁膜29に設けられている。

【0034】このアクティブマトリクス基板は一つの絵素の中に反射用絵素電極30と透過用絵素電極31を備えており、一つの絵素の中に外部からの光を反射する反射用絵素電極30部分とバックライトの光を透過する透

通用絵素電極31部分を形成している。ここで、図2(b)では反射用絵素電極30の表面形状を平面として図示しているが、反射特性を向上するために表面形状を凹凸にしても良い。また、絵素電極を反射用絵素電極30と透過用絵素電極31に分割しているが、分割せずに半透過電極を用いても良い。

【0035】図3、図4を用いて実施形態1の液晶表示装置における反射モード及び透過モードの光の透過状態を説明する。図3(a)は反射モードの液晶層に電圧が印加されていない暗表示の場合を示し、図3(b)は反

射モードの液晶層に電圧が印加された白表示の場合を示している。また、図4(a)は透過モードの液晶層に電圧が印加されていない暗表示の場合を示し、図4(b)は透過モードの液晶層に電圧が印加された白表示の場合を示している。

【0036】図3(a)によって反射モードの暗表示を説明する。図3(a)の上側から偏光板6表面から入った入射光は、偏光板6を通った後偏光軸が偏光板の透過軸に一致した直線偏光となり、 $\lambda/2$ 板11に入射される。 $\lambda/2$ 板11は、偏光板6の透過軸方向と $\lambda/2$ 板11の遅相軸方向が15度になるように配置されており、 $\lambda/2$ 板11を通過した光は偏光板6の透過軸方向に対して $\lambda/2$ 板11の遅相軸方向を挟んで30度の偏光方向の直線偏光になり、 $\lambda/4$ 板7に入射される。

【0037】 $\lambda/4$ 板7は、偏光板6の透過軸方向に対して $\lambda/2$ 板11の遅相軸方向を挟んで $\lambda/4$ 板7の遅相軸方向が75度になるように配置されている。つまり、 $\lambda/2$ 板11を通過した直線偏光の偏光方向に対して、 $\lambda/4$ 板7の遅相軸方向は45度になるように配置されており、 $\lambda/4$ 板7を通過した光は円偏光になる。

【0038】液晶層5に電界を印加していない場合は、負の誘電異方性を示す液晶材料を用いた液晶層5は液晶分子が基板面からほぼ垂直に配向しており、入射する光に対する液晶層5の屈折率異方性は極わずかであり、光が液晶層5を透過することによって生じる位相差はほぼ0である。従って、 $\lambda/4$ 板7を通過した円偏光の光線は、円偏光をほとんど崩さずに液晶層5を透過し、一方の基板1上にある反射電極3にて反射される。

【0039】反射された光線は回転方向が逆転した円偏光となり、 $\lambda/4$ 板7を通過して $\lambda/4$ 板7入射時と直交する直線偏光となり、 $\lambda/2$ 板11に入射される。 $\lambda/2$ 板11を通過した直線偏光は、偏光板6の透過軸と直交する方向の直線偏光であり、偏光板6で吸収され透過しない。この様に、液晶層5に電圧を印加しない場合は暗表示となる。

【0040】次に図3(b)によって反射モードの白表示を説明する。図3(b)は、液晶層5に電圧を印加する場合であり、 $\lambda/4$ 板7を通過するまでは図3(a)と同一であり説明は省略する。

【0041】液晶層5に電圧を印加すると、基板面から

垂直方向に配向していた液晶分子は基板面と水平方向に幾分傾き、液晶層5に入射した $\lambda/4$ 板7からの円偏光は、液晶分子の複屈折により楕円偏光になり、反射電極3で反射された後さらに液晶層5で液晶分子の複屈折の影響を受け、 $\lambda/4$ 板7、 $\lambda/2$ 板11を通過した後は偏光板6の透過軸と直交する直線偏光にはならず、偏光板6を幾分通過する。こうして、液晶層5に印加される電圧を調整することで、反射した後に偏光板6を透過できる光量を調節することができ、階調表示が可能になる。

【0042】また、反射電極3と対向電極4から液晶層5に電圧を印加し、液晶層5の位相差が $1/4$ 波長条件になるように液晶分子の配向状態を変化させると、 $\lambda/4$ 板7を通過した後の円偏光は液晶層5を通過して反射電極3に達したときに偏光板6の透過軸と直交する直線偏光になり、再び液晶層5を通過して円偏光になった後に $\lambda/4$ 板7、 $\lambda/2$ 板11を通過し、偏光板6の透過軸と平行な直線偏光になり、偏光板6を通過する反射光は最大になる。

【0043】図3(b)には、反射電極3で反射された光が最も偏光板6を透過する液晶層5のリタデーション条件で図示しており、反射電極3上で偏光板6の透過軸と直交する方向の直線偏光となっている。

【0044】従って、液晶層5に電圧が印加されていないときは、液晶層5に複屈折はほとんど無く暗表示が得られ、液晶層5に電圧が印加するとその印加電圧によって光の透過率が変化し階調表示が可能になる。

【0045】図4(a)によって透過モードの暗表示を説明する。図4(a)の下側から光源(図示せず)によって出射された光は偏光板9を通過後、偏光板9の透過軸に一致した直線偏光になる。

【0046】 $\lambda/2$ 板12は、偏光板9の透過軸方向と $\lambda/2$ 板11の遅相軸方向が15度になるように、また $\lambda/2$ 板11の遅相軸方向に対して直交するように配置されており、 $\lambda/2$ 板12を通過した光は偏光板9の透過軸方向に対して $\lambda/2$ 板12の遅相軸方向を挟んで30度の偏光方向の直線偏光になり、 $\lambda/4$ 板10に入射される。

【0047】 $\lambda/4$ 板10は、偏光板9の透過軸方向に対して $\lambda/2$ 板12の遅相軸方向を挟んで $\lambda/4$ 板10の遅相軸方向が75度になるように配置されている。つまり、 $\lambda/2$ 板12を通過した直線偏光の偏光方向に対して、 $\lambda/4$ 板10の遅相軸方向は45度になるように配置されており、 $\lambda/4$ 板10を通過した光は円偏光になる。

【0048】液晶層5に電界が発生していない場合は、負の誘電異方性を示す液晶材料を用いた液晶層5は液晶分子が基板面からほぼ垂直に配向しており、入射する光に対する液晶層5の屈折率異方性は極わずかであり、光が液晶層5を透過することによって生じる位相差はほぼ

0である。従って、 $\lambda/4$ 板10から出射される円偏光は、円偏光を崩さずに液晶層5を通過し、 $\lambda/4$ 板7に入射する。

【0049】 $\lambda/4$ 板10の遅相軸方向と $\lambda/4$ 板7の遅相軸方向は直交しており、 $\lambda/4$ 板7に入射した円偏光は、偏光板9の透過軸方向と直交する方向の直線偏光になり、 $\lambda/2$ 板11に入射される。 $\lambda/2$ 板11を通過した直線偏光は、偏光板8の透過軸と直交する方向の直線偏光であり、偏光板6で吸収され透過しない。この様に、液晶層5に電圧を印加しない場合は暗表示となる。

【0050】次に図4(b)によって透過モードの明表示を説明する。図4(b)は液晶層に電圧を印加する場合であり $\lambda/4$ 板10を光が通過するまでは図4(a)と同一であり説明は省略する。

【0051】液晶層5に電圧を印加すると、基板面から垂直方向に配向していた液晶分子は基板面と水平方向に幾分傾き、液晶層5に入射した $\lambda/4$ 板10からの円偏光は、液晶分子の複屈折により楕円偏光になり、 $\lambda/4$ 板7、 $\lambda/2$ 板11を通過した後は偏光板6の透過軸と直交する直線偏光にはならず、偏光板6を幾分通過する。こうして、液晶層に印加される電圧を調整することで、反射した後に偏光板6を透過できる光量を調節することができ、階調表示が可能になる。

【0052】また、反射電極3と対向電極4から液晶層5に電圧を印加し、液晶層5の位相差が $1/2$ 波長条件になるように液晶分子の配向状態を変化させると、 $\lambda/4$ 板7を通過した後の円偏光は液晶層5のセル厚の半分の地点で直線偏光になり、残りの液晶層5を通過すると円偏光になる。液晶層5から出射される円偏光は $\lambda/4$ 板7、 $\lambda/2$ 板11を通過すると、偏光板6の透過軸と平行な直線偏光になり、偏光板6を通過する反射光は最大になる。

【0053】図4(b)には、偏光板9を通過した光が最も偏光板6を透過する液晶層5のリタレーション条件で図示している。従って、液晶層5に電圧が印加されていないときは、液晶層5に複屈折はほとんど無く暗表示が得られ、液晶層5に電圧が印加するとその印加電圧によって光の透過率が変化し階調表示が可能になる。

【0054】ここで、反射モードの明状態で反射率が最大となる液晶層5の位相差は $\lambda/4$ であり、透過モードの明状態で透過率が最大となる液晶層5の位相差は $\lambda/2$ であることから、反射モードとして用いる領域の液晶層と透過モードとして用いる領域の液晶層の厚みが等しい場合には、反射モードとして用いる領域の液晶層5の位相差を $\lambda/4$ 、透過モードとして用いる領域の液晶層5の位相差を $\lambda/2$ という位相差を同時に満たすことはできない。

【0055】つまり、反射モードとして用いる領域の液晶層5の位相差が0から $\lambda/4$ に変化することで階調表

示を行なう場合は、透過モードとして用いる領域の液晶層5の位相差も0から $\lambda/4$ までしか変化しないために、透過モードは効率良く光を利用することができない。

【0056】よって、反射モードとして用いる領域の液晶層と透過モードとして用いる領域の液晶層の厚みを変えるか、反射モードとして用いる領域の液晶層と透過モードとして用いる領域の液晶層に印加する電圧を変えることで、反射モード、透過モード共に効率良く光を利用することができる。ここで、反射モードとして用いる領域の液晶層と透過モードとして用いる領域の液晶層の厚みを変える際に、透過モードとして用いる領域の液晶層の厚みを反射モードとして用いる領域の液晶層の厚みの2倍にすると、反射モードとして用いる領域の液晶層5の位相差を $\lambda/4$ 、透過モードとして用いる領域の液晶層5の位相差を $\lambda/2$ という位相差を同時に満たすことができるが、透過モードとして用いる領域の液晶層の厚みを反射モードとして用いる領域の液晶層の厚みの2倍にしなくても、透過モードとして用いる領域の液晶層の厚みを反射モードとして用いる領域の液晶層の厚みの2倍を超えない範囲で、透過モードとして用いる領域の液晶層の厚みを反射モードとして用いる領域の液晶層の厚みより大きくすることで、光の利用効率は向上する。

【0057】実施形態1では $\lambda/4$ 板10の遅相軸は $\lambda/4$ 板7の遅相軸と直交するように、 $\lambda/2$ 板12の遅相軸は $\lambda/2$ 板11の遅相軸と直交するように、また偏光板6の透過軸は偏光板9の透過軸に対して直交するように設定されているが、透過モード時に液晶層にリタレーションが無い状態で偏光板9を通過した直線偏光が、偏光板6の透過軸に直角の直線偏光で偏光板6に入射すれば、暗表示ができる。

【0058】つまり、偏光板6の透過軸と $\lambda/4$ 板7の遅相軸とのなす角度が、偏光板6の透過軸と $\lambda/2$ 板11の遅相軸とのなす角度を α とした場合、概ね $(2\alpha+45)$ 度に、偏光板9の透過軸と $\lambda/4$ 板10の遅相軸とのなす角度が、偏光板9の透過軸と $\lambda/2$ 板12の遅相軸とのなす角度を α とした場合、概ね $(2\alpha+45)$ 度に設置され、かつ透過モード時に液晶層にリタレーションが無い状態で偏光板9を通過した直線偏光が、偏光板6の透過軸に直角の直線偏光で偏光板6に入射するような組み合わせであれば、 $\lambda/4$ 板10の遅相軸は $\lambda/4$ 板7の遅相軸と直交してなくても、 $\lambda/2$ 板12の遅相軸は $\lambda/2$ 板11の遅相軸と直交してなくても、また偏光板6の透過軸は偏光板9の透過軸に対して直交しなくても、液晶層5に電圧が印加されていないときは、液晶層5に複屈折はほとんど無く暗表示が得られ、液晶層5に電圧が印加するとその印加電圧によって光の透過率が変化し階調表示が可能である。

【0059】ここで、 $\lambda/4$ 板7、10、 $\lambda/2$ 板11、12を構成する複屈折性材料の常光及び異常光の両

者に対する屈折率は波長に強く依存しているため、特定の厚さの波長板内で蓄積された位相遅れもまた波長に依存する。つまり、 $\lambda/4$ の位相遅れを入射光の直線偏光面に与えるには、波長を特定した単波長の光線を入射させた場合のみに完全に達成できる。よって、 $\lambda/4$ 板7、10を構成する複屈折性材料の屈折率異方性の波長依存性により、 $\lambda/4$ の位相遅れが達成できない波長域で偏光板6で遮光されずに透過する光が発生し、暗表示に色づきが生じるが、 $\lambda/4$ 板7と $\lambda/2$ 板11及び $\lambda/4$ 板10と $\lambda/2$ 板12を組み合わせて、 $\lambda/4$ 板7、10を構成する複屈折性材料の屈折率異方性の波長依存性のある程度相殺することができ、比較的広波長帯で $\lambda/4$ 条件を満たすようになる。

【0060】このため実施形態1と比較して反射モードの暗表示の色づきを改善できる。もちろん、透過モードの暗表示の色づきも、 $\lambda/4$ 板10の遅相軸は $\lambda/4$ 板7の遅相軸と直交するように、 $\lambda/2$ 板12の遅相軸は $\lambda/2$ 板11の遅相軸と直交するようにしなくても改善される。また、実施形態1では $\alpha=15$ 度としたが、 α を変化することで明表示の色味を変化させることができるため、希望する色味に応じて α を変えても良い。また、透過モードの暗表示の色づきは悪くなるが、 $\lambda/2$ 板12を省略し原極力向上を図ることも可能である。但し、透過モード時に液晶層にリターデーションが無い状態で偏光板9を通過した直線偏光が、偏光板6の透過軸に直角の直線偏光で偏光板6に入射するように $\lambda/4$ 板10の遅相軸と偏光板9の透過軸を設定する必要が有る。

【0061】ここで、 $\lambda/4$ 板10の遅相軸は $\lambda/4$ 板7の遅相軸と直交するように、 $\lambda/2$ 板12の遅相軸は $\lambda/2$ 板11の遅相軸と直交するように、また偏光板6の透過軸は偏光板9の透過軸に対して直交するように設定することで、透過モードにおいて、 $\lambda/4$ 板10の屈折率異方性の波長依存性を、 $\lambda/4$ 板7の屈折率異方性の波長依存性で相殺することができ、さらに $\lambda/2$ 板12の屈折率異方性の波長依存性を、 $\lambda/2$ 板11の屈折率異方性の波長依存性で相殺することができ、暗表示の色づきをさらに改善できる。

【0062】さらに、液晶層5の視角特性を改善させるため、偏光板6と液晶層5の間と偏光板9と液晶層5の間の少なくとも一方に、別の位相差板を設置させることで、広い視角範囲で良好な表示が実現される。また、実施形態1では液晶層5に垂直配向性液晶を用いているが、基板表面近傍の液晶分子の配向が基板面の垂直方向に対してある程度のティルト角を持つ場合には、液晶層5に電圧無印加時でも完全にリターデーションは0にはならず、反射モードでは γ のリターデーションが残存する場合、その分を補償し0に近付けるように偏光板6と液晶層5の間と偏光板9と液晶層5の間の少なくとも一方に、別の位相差板を設置すればより良好な暗表示が得られる。

【0063】液晶分子が概ね基板面の垂直方向に向いている状態の液晶層において、反射モードでは γ のリターデーションが残存している場合、 $\lambda/4$ 板7に代えて、 $(\lambda/4 - \gamma)$ のリターデーションをもつ位相差板を配置すればよい。

【0064】反射モードでは、液晶層には、円偏光から液晶層に残存しているリターデーション分ずれた楕円偏光が入射する。液晶層を通過し、反射機能をもつ領域で円偏光となり、反射して回転方向が逆転した円偏光となる。液晶層を通過して液晶層から出射するとき、円偏光からずれた楕円偏光となる。このときの楕円偏光は、入射時位相が90度ずれた状態にある。位相差板を通過すると偏光板6の透過軸と直交する直線偏光となる。

【0065】反射用絵素電極が透過用絵素電極より大きい場合など、反射型表示がメインとなる場合は透過モードの表示に用いている $\lambda/4$ 板10はそのままでよい。従って、液晶分子が基板面の垂直方向に向いている状態の液晶層に残存するリターデーションが無視できない場合でも、そのリターデーションを考慮した位相差板を配置することにより反射モードでコントラストの高い表示が実現できる。

【0066】更に、液晶層に反射モードでは γ 、透過モードでは Δ のリターデーションが残存している場合、 $\lambda/4$ 板7に代えて $(\lambda/4 - \gamma)$ のリターデーションをもつ位相差板、 $\lambda/4$ 板10に代えて $(\lambda/4 - (\Delta - \gamma))$ のリターデーションをもつ位相差板を配置すればよい。

【0067】透過機能をもつ領域の透過光で表示を行う透過モードでは、液晶分子が基板面の垂直方向に向いている状態では、液晶層を出射したとき反射モードの出射光と同じ状態の楕円偏光となるように上記 $(\lambda/4 - (\Delta - \gamma))$ のリターデーションをもつ位相差板が設定され、その位相差を有した楕円偏光が上記 $(\lambda/4 - \gamma)$ のリターデーションをもつ位相差板に入射するので、上記 $(\lambda/4 - \gamma)$ のリターデーションをもつ位相差板を通過したとき、偏光板6の透過軸と直交する直線偏光となり光漏れの少ない暗表示となる。

【0068】従って、液晶分子が基板面の垂直方向に向いている状態の液晶層に残存するリターデーションが無視できない場合でも、そのリターデーションを考慮した位相差板を配置することにより反射モードでコントラストの高い表示が実現できる。

【0069】また、実施形態1では液晶層5に垂直配向性液晶を用いているが、平行配向性液晶を用いても同様の原理で表示が可能である。但し、平行配向性液晶を用いると電圧印加につれて液晶層5のリターデーションが小さくなるが、電圧印加時に基板近傍以外の液晶分子が概ね基板面の垂直方向に向いている状態でも、基板近傍の液晶分子は電界によりほとんど動かないため、基板近傍の液晶分子による残留リターデーションが生じる。そのた

め、垂直配向性液晶を用いた場合よりも平行配向性液晶を用いると残留リタデーションの影響分、暗表示時に黒レベルが浮くことになりコントラスト低下が発生する。そのため、平行配向性液晶を用いて垂直配向性液晶同様の黒レベルを表示するには、残留リタデーションを補償するように上下基板それぞれの近傍の液晶分子による残留リタデーションを打ち消すように上下基板に液晶分子を配向させるか、位相差板を追加する必要がある。

【0070】図5は、本実施形態の透過領域において、 $\lambda/4$ 板10と $\lambda/4$ 板7の遅相軸を平行とし、 $\lambda/2$ 板11と $\lambda/2$ 板12の遅相軸を平行とした場合と、比較例として $\lambda/4$ 板10と $\lambda/4$ 板7の遅相軸を平行とし、 $\lambda/2$ 板は設けない場合に黒表示のときの光の波長と透過率の関係を示す図である。従って、図5に示すように、 $\lambda/2$ 板を設けることに、黒表示のときに光もれの少ない表示を得ることができる。

【0071】図6は、本実施形態の透過領域において、 $\lambda/4$ 板10と $\lambda/4$ 板7の遅相軸を平行とし、 $\lambda/2$ 板11と $\lambda/2$ 板12の遅相軸を平行とした場合と、 $\lambda/4$ 板10と $\lambda/4$ 板7の遅相軸を直交とし、 $\lambda/2$ 板11と $\lambda/2$ 板12の遅相軸を直交とした場合に、黒表示のときの光の波長と透過率の関係を示す図である。従って、図6に示すように、 $\lambda/4$ 板及び $\lambda/2$ 板をそれぞれ直交に配置することにより、黒表示のときに光もれの少ない表示を得ることができる。

【0072】

【発明の効果】本発明の請求項1に記載の液晶表示装置によれば、反射モードにおいて、広波長帯で偏光状態のばらつきがなくなり、ほぼ円偏光にすることができる。このため、暗表示の反射モードにおける色づきが改善できる。請求項2の発明によれば、第1の位相差板の屈折率異方性の波長依存性を最適に補償することができる。

【0073】請求項3の発明によれば、透過モードにおいて、広波長帯で偏光状態のばらつきがなくなり、ほぼ円偏光にすることができる。このため、反射モードだけ

でなく、暗表示の透過モードにおける色づきが改善でき、反射モードと透過モードとを両用した場合でも、良好な黒表示が実現される。請求項4の発明によれば、第2の位相差板の屈折率異方性の波長依存性を最適に補償することができる。

【0074】請求項5の発明によれば、液晶層に負の誘電率異方性を有する垂直配向液晶材料を用いることで、液晶層のリタデーションがほぼ0である状態が実現されるので、暗状態がより暗くなるので、コントラストが高くなる。請求項6の発明によれば、ノーマリブラック（以下NBという）ではセルギャップ変化によるコントラスト比の変化はほとんど発生せず、生産性の点でセルギャップ制御に対するある程度の余裕がとれる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態1の液晶表示装置の断面模式図である。

【図2】本発明の実施形態1の液晶表示装置の平面図である。

【図3】本発明の実施形態1の液晶表示装置の反射領域での光の透過状態を示す図である。

【図4】本発明の実施形態1の液晶表示装置の透過領域での光の透過状態を示す図である。

【図5】透過領域において黒表示をおこなうときの光の波長と透過率の関係を示す図である。

【図6】透過領域において黒表示をおこなうときの光の波長と透過率の関係を示す図である。

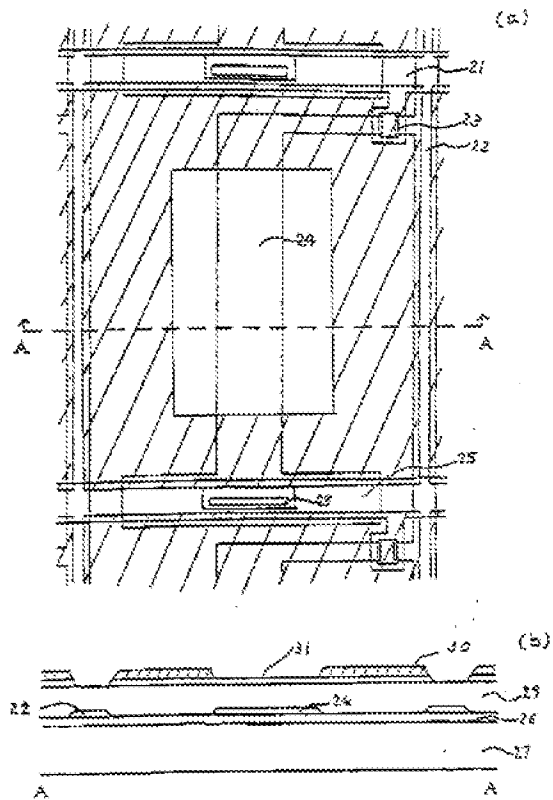
【符号の説明】

- 1、2 基板
- 3 反射電極
- 4 対向電極
- 5 液晶層
- 6、9 偏光板
- 7、10 $\lambda/4$ 板
- 8 透明電極
- 11、12 $\lambda/2$ 板

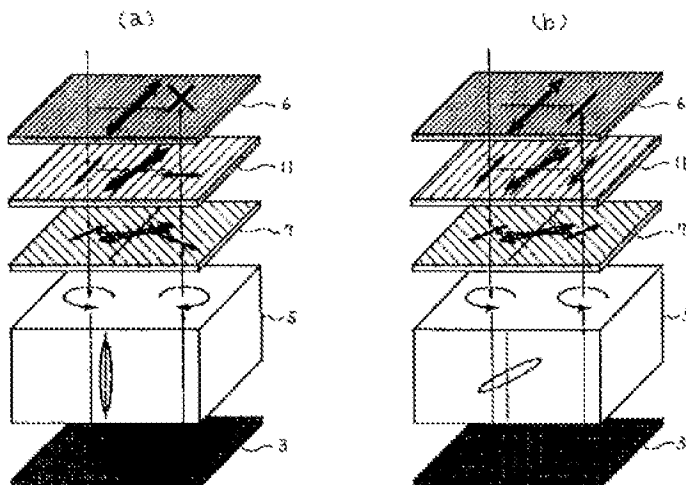
【図1】

6. 偏光板
11. $\lambda/2$ 板
7. $\lambda/4$ 板
2. 基板
4. 反射電極
5. 液晶（液晶配向）
3. 反射電極
6. 透明電極
1. 基板
10. $\lambda/4$ 板
12. $\lambda/2$ 板
8. 偏光板

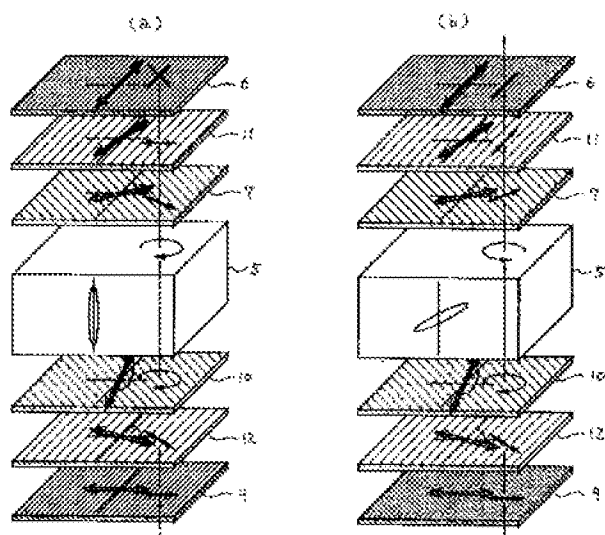
【図2】



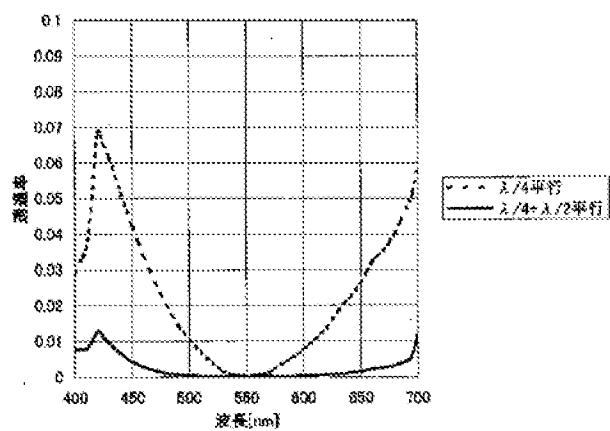
【図3】



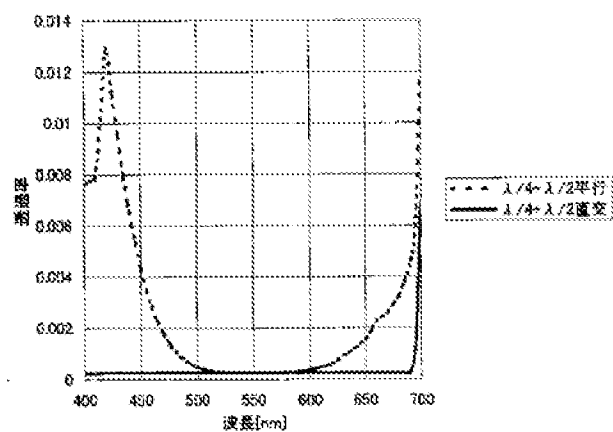
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 藤岡 正悟
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ
ャープ株式会社内

Fターム(参考) 2H091 FA08X FA08Z FA11X FA11Z
FA14Y FA15Y FD06 GA03
GA06 GA11 KA02 LA03 LA16
LA17